

InGaN/GaN 多重量子井戸における表面プラズモン増強の温度依存性

Temperature Dependence of the Emission Enhancements for InGaN/GaN MQW

阪府大院・工¹, 京大院・工² ○村尾文弥¹, 松山哲也¹, 和田健司¹, 船戸充²,川上養一², 岡本晃一¹Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.² ○F. Murao¹, T. Matsuyama¹, K. Wada¹, M. Funato², Y. Kawakami²,K. Okamoto¹

E-mail : murao0617@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに

我々は金属/誘電体界面に発生する表面プラズモン(SP)を利用し InGaN 系発光材料の発光速度を速め, 発光を大きく増強できることを 2004 年に実証した[1]. 最近ではデバイス応用へ向け, 多重量子井戸(QW)構造におけるプラズモンの増強メカニズムについて調べ, 多重 QW でもバリア層の厚みを調節することで SP の侵入長を越え内部量子効率(IQE)を改善できることを明らかにした[2]. 今回は SP 増強の温度依存性を調べ, 多重 QW での SP による増強原理について検討した.

実験

3 層(3QW)と 10 層(10QW)の InGaN/GaN (3 nm/10 nm)多重 QW 発光材料の表面に厚み 50 nm の Ag または Al の薄膜を抵抗加熱により真空蒸着した. これらの試料の温度をクライオスタットで室温から 8 K まで制御し, サファイア基板側から波長 409 nm の InGaN レーザーで励起することで, 各温度での発光スペクトルをマルチチャンネル分光器で検出し, 増強度を測定した.

結果と考察

Fig. 1 に 3QW, 10QW 試料の発光増強度の温度変化を示す. Al を蒸着した場合の増強度は温度に依らずほとんど一定であるのに対し Ag では約 160 K で最大の増強が得られた. 一般に QW では高温ほど非輻射再結合速度 k_{non} が大きく, 輻射再結合速度 k_{rad} は小さくなる[3]. 発光

増強度は Purcell 増強因子 F , 励起効率 η_{exc} , 光取り出し効率 η_{ext} を用いて次式で近似できる.

$$E \approx \frac{\eta_{exc}^* \eta_{ext}^* \frac{F k_{rad}}{F k_{rad} + k_{non}}}{\eta_{exc} \eta_{ext} \frac{k_{rad}}{k_{rad} + k_{non}}}$$

Al の増強は η_{exc}^* によるのに対し, Ag の増強は Purcell 効果 ($F > 1$) によるものであることがこれまでの研究でわかっている. その場合, 高温ほど増強度が大きくなるのがこの式からわかる. 160 K 以上で増強が下がった要因としては, Ag の誘電関数の虚数部が高温で大きくなりプラズモンの状態密度が低くなって F が低下したことが考えられる. しかし以前測定した単層 QW の試料では高温での減衰傾向は見られず, 多重 QW 特有の現象である可能性も考えられる. 当日は時間分解測定の結果とあわせて, その機構について詳しく議論する.

[1] *Nat. Mater.* **3**, 601 (2004).

[2] 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11a-PB4-10 (2019)

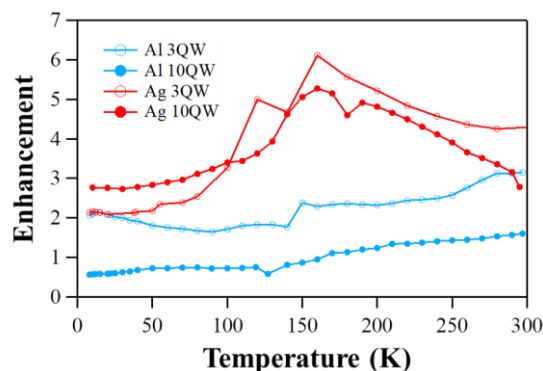
[3] *Appl. Phys. Lett.* **87**, 071102 (2005).

Fig.1. Temperature dependence of luminescence enhancement of InGaN/GaN MQWs.